FICHE TECHNIQUE

GÉNIE AGRICOLE

COMMANDE N° 06-024

MARS 2006

AGDEX 715

Ontario

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales

BÉTON DE QUALITÉ À LA FERME

J. Johnson

(En remplacement de la fiche technique portant le même titre, commande n° 04-022)

Le béton est un matériau utilisé sur presque toutes les fermes en raison de sa force et de son ouvrabilité, et du fait qu'il se prête à des pratiques écologiques. Les installations de transformation et de produits à valeur ajoutée comme les exploitations de compostage, les sites de production de biogaz et de digestion anaérobie utilisent aussi le béton dans le cadre de leurs activités. Un béton de qualité procure :

- une longue vie utile à la structure;
- des coûts annuels d'entretien moins élevés;
- la résistance au feu;
- la réduction de la prolifération bactérienne;
- des surfaces faciles d'entretien;
- une durabilité accrue des surfaces, qui sont résistantes à la fissuration, à l'abrasion, à l'écaillage, aux acides et autres environnements hostiles;
- le respect de l'environnement.

La qualité du béton dépend d'un certain nombre de facteurs. La présente fiche technique décrit les composantes du béton, explique comment le manipuler après le malaxage, et fournit des normes techniques à respecter pour certaines constructions agricoles.

QU'EST-CE QUE LE BÉTON?

Le béton est un mélange de ciment portland, d'eau, d'agrégats fins (sable) et d'agrégats grossiers (pierre). Selon les exigences de la structure, ces éléments sont mélangés selon des rapports particuliers pour donner la qualité voulue et répondre aux normes de conception.

Le mélange d'eau et de ciment forme une pâte qui enrobe le gravier et le sable et les lie ensemble. La réaction chimique entre le ciment et l'eau, qu'on appelle hydratation, produit des gels qui remplissent les espaces entre les particules du mélange. Le béton durcit ainsi en une masse rigide.

L'augmentation de la force du béton le rend plus dense, plus étanche à l'eau et plus résistant à la corrosion. On modifie les caractéristiques du béton en modifiant la proportion de chacun des quatre éléments ainsi qu'en ajoutant des adjuvants comme les entraîneurs d'air, les produits de reprise, les agents moussants, les fumées de silice et les cendres volantes.

Les qualités du produit durci dépendent de trois facteurs :

- le rapport eau-ciment;
- les procédés de mise en place;
- la cure du béton.

La plupart des utilisations à la ferme réclament du béton fort, dense, étanche à l'eau et résistant aux facteurs environnementaux, c.-à-d. à l'action gel-dégel. Les structures d'entreposage, les planchers d'étables et les distributeurs de fourrage doivent résister à l'action puissante de produits abrasifs et de produits chimiques. La *figure 1* montre une structure en béton creusée dans le sol pour emmagasiner le fumier des animaux d'élevage.

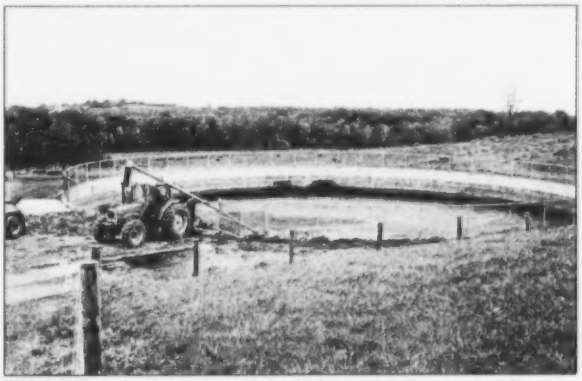

FIGURE 1. La construction de logements pour animaux et de structures d'entreposage du fumier exige du béton de haute qualité.

RAPPORT EAU-CIMENT

Le *rapport eau-ciment* est le rapport, en poids, entre l'eau et le ciment dans un mélange de béton. Le rapport eau-

ciment d'un béton utilisé à la ferme devrait être d'environ 0,45. Un rapport eau-ciment de 0,45 signifie que pour chaque kilogramme de ciment dans le mélange, on utilise 0,45 kg d'eau. Le rapport doit être un peu plus bas si les conditions d'exposition sont extrêmes, et il peut être un peu plus élevé si l'exposition est légère (voir le tableau 1, *Exposition c. rapport eau-ciment et résistance minimale à la compression à 28 jours*, pour des détails sur les conditions d'exposition). La *figure 2* montre les effets du rapport eau-ciment sur la résistance du béton à la compression.

Le rapport eau-ciment est un facteur important dans la détermination de la force et de la perméabilité du béton.

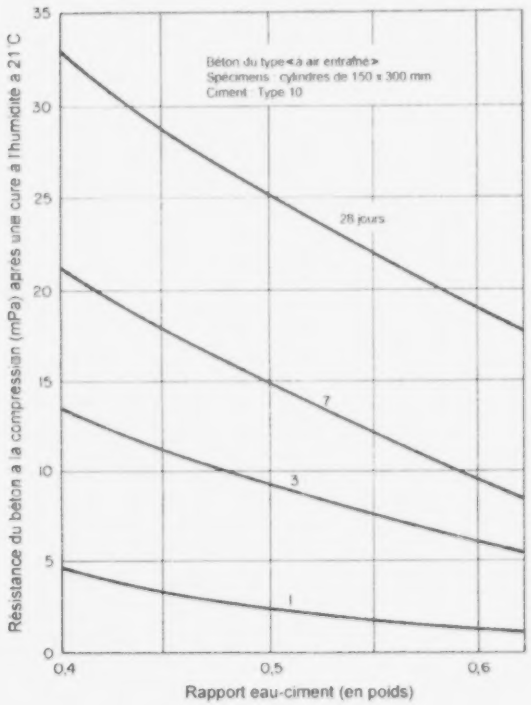

FIGURE 2. Résistance du béton à la compression en fonction du rapport eau-ciment.

La force du béton est mesurée en mégapascals (MPa) de résistance à la compression. Les utilisations à la ferme varient de 15 MPa pour une semelle sous le niveau du sol à 35 MPa pour des structures plus sollicitées comme des caillebotis et des poutres armées.

Si l'on utilise trop d'eau dans le mélange de béton, les espaces seront plus grands entre les particules du mélange et le gel de ciment ne parviendra pas à les remplir. Il en résultera un béton plus faible, plus poreux et moins durable, qui risque de ne pas résister aux conditions d'exposition auxquelles on l'avait destiné. Le fait d'ajouter aussi peu que 2 % d'eau de plus au mélange peut faire perdre au béton jusqu'à 15 % de sa force. Comme le béton à la ferme est généralement soumis à des conditions d'exposition extrêmes, il doit être de la meilleure qualité possible.

TABLEAU 1. Exposition c. rapport eau-ciment et résistance minimale à la compression à 28 jours

Classe de béton	Utilisation	Rapport maximal eau-ciment	Résistance minimale à la compression à 28 jours (MPa)
C-1	Exposition extrême (silos, caillebotis, citernes à lisier)	0,40	35
C-2	Exposition normale (cours extérieures, planchers, murs, fondations, poutres)	0,45	32
N	Exposition légère (semelles) Non armé Non exposé au gel-dégel	0,55	25

Nota : Tout béton doit être du type « à air entraîné », l'air entraîné devant représenter 4–8 % du volume du béton. Voir le tableau 10 de la norme CSA A23.1.
Voir également : Canadian Farm Builders Association – *Guidelines for Concrete Specifications.*

PROCÉDÉS DE MISE EN PLACE DU BÉTON

Le béton doit être « mis en place » et non « versé ». On ne doit pas s'attendre à ce que le béton s'écoule de lui-même autour des éléments coffrés ou à la surface du sol. Il faut le mettre en place à moins de 1 m de sa position finale afin de réduire au minimum le risque de ségrégation entre la pâte et les agrégats.

Le béton mis en place dans des coffrages doit être tassé ou vibré pour que le produit soit aussi dense que possible, qu'il soit le moins perméable possible et qu'il soit exempt de poches d'air. On augmente de cette façon la résistance à la compression et la durabilité du béton et on s'assure qu'il adhère bien à l'acier d'armature, aux joints et aux dispositifs d'étanchéité.

Dans le cas des dalles, le procédé de mise en place du béton exige, entre autres, l'aplanissage, le talochage et le traitement de finition destiné à donner une texture au béton. Si le béton peut être mis en place, consolidé et fini sans difficulté particulière, on dit qu'il a une grande « ouvrabilité ». On peut améliorer son ouvrabilité en ajoutant de l'eau mais cette solution n'est de toute évidence pas souhaitable, à moins qu'on augmente en même temps la teneur en ciment pour maintenir le rapport eau-ciment recherché. On utilisera plutôt des adjuvants pour en améliorer l'ouvrabilité sans l'addition d'eau.

Adjuvants du béton

Les adjuvants comprennent les réducteurs d'eau, les superplastifiants et les entraîneurs d'air. Différents adjuvants influencent l'ouvrabilité, l'adhérence, l'étanchéité à l'humidité, l'imperméabilité, le coulage, la formation de gaz et la facilité de pompage du béton. Pour obtenir du béton qui respecte ou dépasse les exigences du code, suivre à la lettre les procédures de malaxage, de mise en place et de cure, sans utiliser d'adjuvants, sauf les entraîneurs d'air, qui sont nécessaires à la plupart des applications à la ferme. Il y a toutefois des situations où l'utilisation d'adjuvants peut :

- reduire les coûts des constructions en béton;
- donner au béton des caractéristiques que d'autres procédés ne permettent pas d'obtenir;
- maintenir la qualité durant le malaxage, le transport, la mise en place et la cure du béton, surtout si les conditions météorologiques sont hostiles;
- convenir à des urgences durant une phase ou une autre des activités.

Utiliser la norme de la American Society for Testing and Materials (ASTM) quand vient le temps d'ajouter des adjuvants. L'Association canadienne de normalisation (CSA) cite la norme suivante relativement aux adujvants : *A23.1, Béton : constituants et exécution des travaux.*

CURE

La cure a une grande influence sur les propriétés finales du béton. La cure consiste à maintenir des conditions de température et d'humidité propices à l'hydratation du ciment. L'eau doit être **continuellement** disponible aux particules de ciment pour que l'hydratation se poursuive. Cette hydratation continue rendra le béton plus fort, moins poreux et plus durable. Quand l'humidité n'est plus disponible, **l'hydratation s'arrête.**

La *figure 3* illustre les différences de résistance à la compression qu'affichera un même béton soumis à des durées de cure différentes. Le béton soumis à 7 jours de cure à l'humidité atteint 75 % et 100 % de sa résistance nominale après 7 jours et 180 jours respectivement. Par comparaison, le béton soumis à 3 jours de cure n'atteint que 80 % de sa résistance nominale et le béton qui n'est soumis à aucune cure n'atteint que 55 % de sa résistance nominale.

Pour maintenir l'humidité, on couvre le béton d'une pellicule plastique ou on applique des produits de cure par vaporisation. On retient ainsi l'eau dans le béton en empêchant l'évaporation. Sur les surfaces planes, on peut ajouter de l'eau par arrosage ou recouvrir le béton d'une nappe d'eau, de films imperméables, de sable mouillé ou de jute ou de paille imbibée d'eau. Dans le cas du béton coffré, le fait de garder les coffrages en place aide à maintenir l'humidité dans le béton.

Pour obtenir une cure adéquate, il faut aussi surveiller la température. La température idéale est de 15 °C (60 °F), le maximum étant de 32 °C (90 °F) et le minimum, de 4 °C (40 °F). Par temps chaud, on utilise de l'eau fraîche pour garder le béton frais. Par temps froid, on empêche le béton de perdre sa chaleur en utilisant des matériaux isolants ou des coffrages des abris chauffés. L'hydratation du ciment génère ue la chaleur qui sera utile si elle est conservée dans le béton par un isolant.

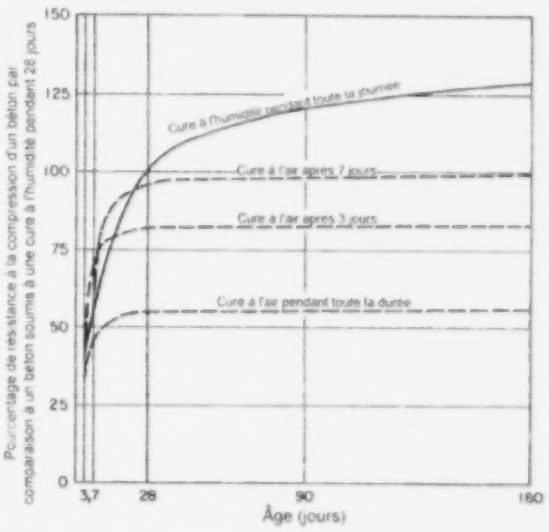

FIGURE 3. Une cure adéquate donne un béton plus fort.

On doit protéger le béton frais contre le gel. L'expansion des cristaux de glace cause des dommages en surface, des fissures, une augmentation de la perméabilité, du gonflement et des défauts structuraux. Protégé pendant au moins 3 jours à 10 °C (50 °C) ou plus, le béton peut résister aux cycles de gel-dégel.

RENFORCEMENT DU BÉTON

On obtient une meilleure résistance initiale en ajoutant une quantité supplémentaire de ciment au mélange. Pour le béton préparé à la ferme, on peut augmenter les quantités de ciment tel qu'il est indiqué dans le tableau 2, *Dosages (en masse) pour fabriquer 0,1 m^3 de béton pour petits travaux.* La cure du béton est aussi très importante quand on utilise un béton à haute résistance initiale. On peut écourter la durée de protection du béton contre le gel

de 3 jours à 1 jour quand on utilise ce type de béton et qu'on adopte de bons procédés de cure.

TABLEAU 2. Dosages (en masse) pour fabriquer 0,1 m³ de béton pour petits travaux[1]

Grosseur maximale des agrégats grossiers (mm)	Béton à air entraîné			
	Ciment (kg)	Agrégats fins humides (kg)	Agrégats grossiers humides (kg)[2]	Eau (kg)
10	46	85	74	16
14	43	74	88	16
20	40	67	104	16
40	37	61	120	14

[1] Ce mélange est destiné aux situations où la capacité structurale ne revêt pas une importance capitale.
[2] Si l'on utilise de la pierre concassée, diminuer le dosage des agrégats grossiers de 5 kg et augmenter dans la même mesure, le dosage des agrégats fins.

Le plus souvent, si la qualité du béton est mauvaise dans une construction agricole, c'est à cause d'une cure déficiente. Selon la norme CSA A23.1, le béton atteint la force voulue lorsqu'il est soumis à une durée de cure normale d'au moins 3 jours à une température minimale de 10 °C ou lorsque 40 % de sa résistance à 28 jours (MPa) est atteinte. Si l'exposition au gel-dégel ou aux sulfates est de modérée à extrême, le béton atteint la résistance voulue lorsqu'il est soumis à une durée de cure normale de 7 jours ou lorsque 70 % de sa résistance à 28 jours (MPa) est atteinte.

MALAXAGE SUR PLACE

Le tableau 3, *Dosages du béton (en volume) pour petits travaux*, peut servir de guide pour le mélange de béton utilisé à la ferme. La teneur en eau peut différer légèrement de celle qui est indiquée dans le tableau, selon le degré d'humidité du sable. Après une pluie, il faudra moins d'eau que si le sable a été exposé à une période de temps chaud et sec.

TABLEAU 3. Dosages du béton (en volume) pour petits travaux[1]

Grosseur maximale des agrégats grossiers (mm)	Béton à air entraîné			
	Ciment	Agrégats fins humides	Agrégats grossiers humides	Eau
10	1	2 ¼	1 ½	½
14	1	2 ¼	2	½
20	1	2 ¼	2 ½	½
40	1	2 ¼	3	½

[1] Le volume combiné représente environ les 2/3 de la somme des volumes initiaux de chacun des composants. Ce mélange est destiné aux situations où la capacité structurale ne revêt pas une importance capitale.

ENTRAÎNEMENT D'AIR DANS LE BÉTON

Tout béton utilisé sur la ferme doit être du type « à air entraîné ». Le béton ordinaire renferme à peu près 2 % d'air occlus, mais cet air se trouve dans de grands vides. L'addition d'un adjuvant entraîneur d'air a pour effet de produire des millions de toute petites bulles d'air dans le béton.

L'augmentation de la teneur en air jusqu'à un maximum de 8 % a les effets suivants sur le béton :

- augmentation de son ouvrabilité;
- diminution de sa perméabilité;
- diminution du risque de dommages causés par le gel-dégel;
- réduction de la ségrégation.

Les petites bulles d'air entraîné agissent comme un lubrifiant entre les particules d'agrégats, les faisant glisser les unes sur les autres avec facilité. Elles éliminent les grands vides qui sont vulnérables à la pénétration d'eau dont le gel cause l'expansion (les dommages dus au gel-dégel se produisent dans le béton sans air entraîné). Étant donné que l'air entraîné augmente l'ouvrabilité du béton, on peut réduire le rapport eau-ciment et augmenter du même coup la résistance à la compression du béton, sa durabilité et sa résistance à l'usure. Un béton à air entraîné est exigé par le protocole NSTS-04, qui concerne les installations de stockage des éléments nutritifs fabriquées en béton, en acier ou en matériaux équivalents, conformément au Règlement 267/03 de l'Ontario, tel que modifié, pris en application de la *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs*.

RÈGLEMENT ET NORMES APPLICABLES AUX PROJETS À LA FERME

La Canadian Farm Builders Association (CFBA) a publié de nouvelles directives portant sur le béton en réponse aux préoccupations du public concernant l'intégrité environnementale des bâtiments agricoles et des structures d'entreposage du fumier. Avec l'aide d'ingénieurs consultants, du MAARO, de la Ready Mixed Concrete Association of Ontario, d'entrepreneurs et de responsables du bâtiment, des directives ont été élaborées pour veiller à ce que tous les nouveaux projets de construction respectent les changements récents à la norme A23.1 de la CSA (Association canadienne de normalisation), le *Code du bâtiment de l'Ontario* et le *Code national de construction des bâtiments agricoles*.

En particulier, les exploitants qui mélangent eux-mêmes le béton qu'ils destinent à des constructions agricoles doivent prendre connaissance des différents règlements, codes et normes du bâtiment. Avant de mélanger le béton, il faut se familiariser avec les exigences suivantes :

- CSA A23.1, *Béton : constituants et exécution des travaux* (Association canadienne de normalisation);
- CSA A23.3 *Calcul des ouvrages en béton;*
- *Code du bâtiment de l'Ontario;*
- *Code national de construction des bâtiments agricoles;*
- Règl. de l'Ontario 267/03, tel que modifié, ainsi que les protocoles qui s'y rattachent en vertu de la *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs* (LGEN);

Les exigences relatives au béton sont décrites à la partie VIII, Normes relatives au choix du site et à la construction, du Règlement 267/03 pris en application de la LGEN, tel qu'il a été modifié. La qualité du béton est aussi décrite dans des normes établies traitant des constituants et des caractéristiques du béton, de l'entraînement d'air, des adjuvants, de la résistance aux sulfates et de l'épaisseur d'enrobage des armatures, y compris les normes CSA A 23.1 et A23.3.

BÉTON PRÊT À L'EMPLOI

Commander le béton prêt à l'emploi en fonction de son utilisation projetée. Utiliser du béton à haute résistance dans les endroits prédisposés à l'usure. Pour les **travaux à plat**, utiliser des agrégats de 40 mm (1 ½ po) au maximum et un affaissement de 50 à 100 mm (2–4 po). Pour les **travaux coffrés**, utiliser des agrégats de 20 mm (3/4 po) au maximum et un affaissement de 75 à 125 mm (3–5 po). L'affaissement du béton est une caractéristique qui décrit l'ouvrabilité du mélange de béton non durci. Plus l'affaissement est grand, plus le mélange est fluide.

En plus des caractéristiques mentionnées plus haut, tout béton employé à la ferme doit être de type « à air entraîné ». La présence de minuscules bulles d'air dans le mélange diminue considérablement les dommages par le gel et le dégel ainsi que par les acides. Préciser un entraînement d'air de 5–8 % si les agrégats ont 20 mm (3/4 po). **Ne pas ajouter plus d'eau**. La bonne quantité d'eau a été ajoutée au mélange à l'usine. L'ajout d'eau ne ferait qu'affaiblir sérieusement et en permanence la résistance du béton à la compression, sa durabilité et son étanchéité à l'eau.

Voici un aperçu des avantages qu'offre un béton prêt à l'emploi provenant d'un fournisseur agréé en vertu de la Ready Mixed Concrete Association of Ontario (RMCAO) :

- respect des normes relatives au rapport eau-ciment et des normes CSA;
- constituants du béton soumis à des tests et certifiés avant leur utilisation;
- béton constamment soumis à des contrôles de la qualité et à des tests visant à garantir le respect des normes minimales;
- audits et vérifications des installations des membres.

Le béton prêt à l'emploi peut être produit comme béton à hautes performances lorsque les applications nécessitent une durabilité, une résistance à la compression et une imperméabilité accrues. Le béton à hautes performances possède un rapport eau-ciment de moins de 0,36 et affiche la résistance à la compression minimale à 28 jours prévue par un ingénieur. Voici des exemples d'applications où le béton à hautes performances est recommandé : poutres armées, dalles et colonnes surmontant des fosses à fumier et des silos, caillebotis et structures fortement exposées à des produits chimiques.

RÉSUMÉ

Le béton est utilisé dans presque toutes les constructions agricoles. Le respect des directives présentées dans cette fiche technique ainsi que de tous les codes et règlements applicables est un gage de structures en béton ayant la résistance, la durabilité et l'intégrité voulues.

Références et sources

- Règlement de l'Ontario 267/03 pris en application de la *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs*, tel qu'il a été modifié.
- CSA A23.1, *Béton : constituants et exécution des travaux.*
- CSA A23.3, *Calcul des ouvrages en béton.*
- *Code du bâtiment de l'Ontario.*
- *Code national de construction des bâtiments agricoles.*
- *Specifying Concrete for Agricultural Applications* M-9012, Service des plans du Canada.
- ASTM C494, *Specifications for Chemical Admixtures for Concrete.*
- *Concrete Thinking in Agriculture Solutions: Concrete Manure Storage Structures, Specifications and Standards in Canada.* Cement Association of Canada, Dennis Darby, 2003.
- *Guidelines for Concrete Specifications*, Canadian Farm Builders Association (CFBA)

Cette fiche a été rédigée par **John Johnson**, ingénieur, Structures, Direction de la gestion des ressources, MAAARO, London.

NOTES PERSONNELLES

NOTES PERSONNELLES

Connaissez-vous la *Loi sur la gestion des éléments nutritifs de l'Ontario* et son règlement d'application?

La *Loi sur la gestion des éléments nutritifs* (*LGEN*) de l'Ontario et le Règlement 267/03, tel que modifié, régissent l'entreposage, la manutention et l'épandage des matières nutritives qui peuvent être épandues sur des terres agricoles cultivées. L'objectif est de protéger les ressources en eau de surface et souterraine de l'Ontario.

Veuillez consulter le Règlement et ses protocoles pour connaître les modalités précises d'application de la *LGEN*. Les conseils contenus dans la présente fiche technique sont d'ordre pratique seulement. Pour toute question concernant vos obligations juridiques, adressez-vous à un avocat.

Pour de plus amples renseignements sur la *LGEN*, vous pouvez appeler la ligne d'information dédiée à la gestion des éléments nutritifs au 1 866 242-4460, envoyer un courriel à *nman@omaf.gov.on.ca* ou visiter le site www.omaf.gov.on.ca.

Les fiches techniques sont constamment mises à jour; assurez-vous d'avoir en main la plus récente version.

Centre d'information agricole de l'Ontario
1 877 424-1300
ag.info@omafra.gov.on.ca

www.omafra.gov.on.ca

POD
ISSN 1198-7138
Also available in English
(Order No. 06-023)

Ontario

01210100602 4